

干拓地 植物의 無機營養素 蓄積에 對하여

閔 丙 未

檀國大學校 師範大學 科學教育科

On the Accumulation of Minerals with the Plant Species in a Reclaimed Land

Min, Byeong Mee

Dept. of Science Education, Dankook Univ.

ABSTRACT

For reascerching the factors of plants micro-distribution, accumulation of 5 minerals—total-nitrogen, phosphorus, potassium, sodium and calcium—for 19 plant species was investigated in reclaimed land, in western coast of Korea. In the five minerals, sodium contents were quite different among the species. Plant species were divided into 4 groups based on the sodium accumulation and accumulation site in plant tissue:

Na accumultion type above-ground part>below-ground part:

Triglochin maritimum, *Chenopodium virgatum*, *Atriplex subcordata*, *Salicornia herbacea*, *Suaeda japonica*, *Suaeda asparagoides*, *Limonium tetragonum*, *Aster tripolium*, *Artemisia scoparia*, *Sonchus brachyotus*

above-ground part<below-ground part: *Lotus corniculatus* var. *japonicus*

Na non-accumulation type above-ground part>below-ground part: *Zoysia sinica*, *Calamagrostis epigeios*
above-ground part<below-ground part:

Phragmites communis, *Imperata cylindrica* var. *koenigii*, *Phacelurus latifolius*
Carex scabrifolia, *Juncus haenkei*, *Aeschynomene indica*.

Ordination based on the mineral contents and the ratio of above-ground/below-ground showed that the contents of K and Na in plant tissue were the main factors for the discrimination of salt marsh plants in the reclaimed land. Sodium contents of plant species were proportioned with the Na concentrations of soils.

緒 論

군집내 식물종사이의 무기영양소 함량차이는 식물의 종에 따라 무기영양소의 요구량이

상이하기 때문이며(Gerloff *et al.*, 1966; Boyd, 1970; Woodwell *et al.*, 1975) 토양의 무기영양소 구성과 각 식물 종 조직의 화학적 구성과는 거의 연관성이 없다(Boyd and Hess, 1970; Tyler, 1976).

식물체는 물질대사나 단백질 합성을 극대화시키고 물질의 생산을 유지하기 위하여 무기영양소를 흡수, 축적하기 때문에 식물체가 함유하고 있는 영양소의 비는 비교적 지역적 변화에 큰 영향을 받지 않는다(Garten, 1976).

식물체가 함유하고 있는 N, P, K, Ca 및 Mg간에는 상호 연관성이 있고 이것은 세포의 물질대사에 무기영양소간의 생화학적 유사성때문이다. 생태학적 측면에서 볼 때 식물체 내에 존재하는 무기영양소량을 통해 그 식물의 niche를 파악할 수 있으며 그 개체의 환경에 대한 적응정도를 알 수 있다(Garten, 1978).

무기영양소 중 염분의 측면에서 특이한 현상을 보이는 식물부류의 하나가 염생식물이다. 염생식물은 중성식물의 상대되는 용어로 이들을 구분하는 개념이나 경계는 학자들간에 다소 차이가 있다. 즉, 생육지의 토양염분농도(Chapman, 1938), 염의 흡수 여부(van Eijk, 1939), 흡수된 염의 처리방법(Steiner, 1939; Henkel, 1954) 및 염에 대한 적응성의 유무 혹은 정도(Greenway and Osmond, 1972)를 기준하고 있다. 그러나 이들의 견해가 근본적으로 염생식물은 중성식물에게는 해로운 정도의 염의 환경하-토양 및 식물체-에서 생육한다는 것은 일치된다. 이러한 환경에 대한 적응기작의 방법으로 염생식물은 흡수하는 이온의 양, 종류, 축적부위가 중성식물과는 다르다(Waisel, 1972; Greenway *et al.*, 1966; Jacoby, 1965; Flowers, 1975). 그러므로 염생식물과 중성식물의 분포는 토양의 염분농도에 의하여 좌우되며 식물체내의 무기영양소량으로 간척지 식물의 분포 원인을 규명하여 낼 수 있다.

따라서 본 연구는 한국 서해안 간척지에서 염생식물과 중성식물의 국부적인 분포 및 이들의 염분에 대한 적응상을 식물체내 무기영양소 구성의 차원에서 파악하는데 그 목적이 있다.

材料 및 方法

본 연구의 조사지는 전보(金과 閔, 1983)와 같다.

재료의 채집은 1983. 4. 1~1983. 10. 31에 종별로 각각 개화중이고 patch가 가장 큰 개체군에서 실시하였으며 하나의 개체군내에서 크기에 따라 5~10개의 지점에서 채취하여 실험실로 운반하였다. 식물체는 가능한한 꽃, 잎, 줄기 및 뿌리로 분리하였고 이것이 어려운 식물은 지상부와 지하부로만 구분하여 80°C 건조기에서 48시간 건조시켜 마쇄하여 분석하였다. 한편, 토양은 지표 10 cm 이하에서 채취하여 음건시켜 분석에 사용하였다.

무기영양소분석법은 전보와 동일하며 통계처리는 PC를 이용하여 principal components analysis(PCA, Gauch, 1977) 및 detrended correspondence analysis(DCA, Hill, 1979)로 하였다.

結果 및 論議

지채(*Triglochin maritimum*)를 비롯하여 산조플(*Calamagrostis epigeios*), 갈대(*Phrag-*

Table 1. Soil properties in sampling site and collection date of species

Species	Soil properties						Collection date
	pH	E.C. (mmho)	T-N (mg/g)	P (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	
<i>Triglochin maritimum</i>	6.60	3.60	1.60	0.310	81	341	4 Sept.
<i>Calamagrostis epigeios</i>	8.00	0.44	0.70	0.481	87	268	1 July
<i>Phragmites communis</i>	7.50	1.10	0.90	0.721	86	322	15 Sept.
<i>Zoysia sinica</i>	7.80	0.60	0.85	0.482	85	175	1 July
<i>Phacelurus latifolius</i>	5.75	0.20	1.10	0.848	70	90	30 July
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	7.20	0.15	1.55	0.482	96	74	30 May
<i>Carex scabrifolia</i>	7.10	0.25	2.53	0.361	80	70	18 May
<i>Juncus haenkei</i>	6.90	0.10	1.55	0.723	69	34	30 May
<i>Chenopodium virgatum</i>	8.40	1.60	1.43	0.150	190	75	4 Aug.
<i>Atriplex subcordata</i>	6.80	0.50	0.35	0.560	19	12	30 July
<i>Salicornia herbacea</i>	6.90	2.70	0.50	1.623	84	400	4 Sept.
<i>Suaeda japonica</i>	6.95	2.50	0.55	1.326	81	380	4 Sept.
<i>Suaeda asparagoides</i>	6.30	2.05	1.10	0.084	49	335	4 Sept.
<i>Aeschynomene indica</i>	8.55	0.12	1.75	0.360	81	50	4 Sept.
<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i>	7.80	0.14	1.39	0.843	94	73	18 May
<i>Limonium tetragonum</i>	6.90	1.69	0.65	0.926	69	310	4 Aug.
<i>Aster tripolium</i>	8.10	0.95	1.25	0.330	55	233	4 Sept.
<i>Artemisia scoparia</i>	7.20	1.00	0.74	1.464	68	267	4 Sept.
<i>Sonchus brachyotus</i>	7.70	0.80	1.25	0.147	68	49	2 Aug.

mites communis), 갯잔디 (*Zoysia sinica*), 락 (*Imperata cylindrica* var. *koenigii*), 모새달 (*Phacelurus latifolius*), 천일사초 (*Carex scabrifolia*), 골풀 (*Juncus haenkei*), 청명아주 (*Chenopodium virgatum*), 갯논쟁이 (*Atriplex subcordata*), 통통마디 (*Salicornia herbacea*), 칠면초 (*Suaeda japonica*), 나문재 (*Suaeda asparagoides*), 자귀풀 (*Aeschynomene indica*), 벌노랑이 (*Lotus corniculatus* var. *japonicus*), 갯질경 (*Limonium tetragonum*), 갯개미취 (*Aster tripolium*), 비쭉 (*Artemisia scoparia*) 및 사데풀 (*Sonchus brachyotus*)의 채집시기와 생육지의 토양 특성은 Table 1과 같으며 무기영양소 함량은 Table 2와 같다.

전질소(T-N)의 함량에서 대부분의 식물은 잎에 가장 많고 줄기, 지하부의 순서이나 콩과식물인 자귀풀 및 벌노랑이는 이와 달리 줄기나 뿌리에도 많았다. 식물별로는 쌍자엽식물이 단자엽식물보다 함량이 많았으며, 특히 콩과식물은 조사된 19종 중 최고치이었다. 명아주과는 두 가지로 구분되어 잎이 다육질인 통통마디, 칠면초 및 나문재에는 적은 반면 그렇지 않은 청명아주와 갯논쟁이는 그 역이었다.

Table 2. The mineral contents of organ of plants (mg/g dry weight)

Species	Organ	Mineral					Species	Organ	Mineral				
		T-N	P	K	Na	Ca			T-N	P	K	Na	Ca
<i>Triglochin maritimum</i>	leaf	36.9	2.44	11.8	47.0	2.13	<i>Salicornia herbacea</i>	shoot	14.5	1.38	9.1	114.0	3.36
	root	16.5	0.59	4.0	16.0	1.76		root	9.5	1.74	12.1	20.5	0.95
<i>Calamagrostis epigeios</i>	leaf	13.2	1.40	11.4	5.5	1.34	<i>Suaeda japonica</i>	leaf	17.0	1.15	8.1	84.5	9.51
	stem	4.1	1.40	11.2	13.5	0.43		stem	8.2	0.99	6.3	36.3	2.25
	root	7.2	1.13	4.5	1.5	0.88		root	5.1	1.12	5.5	26.5	1.58
<i>Phragmites communis</i>	leaf	21.5	1.51	9.4	1.5	1.34	<i>Suaeda asparagoides</i>	leaf	11.8	0.74	9.8	100.0	4.99
	stem	15.6	1.22	8.2	7.0	1.21		stem	9.5	0.82	7.9	28.5	2.43
	root	9.8	1.15	6.6	8.0	0.91		root	7.1	0.68	6.4	20.0	1.06
<i>Zoysia sinica</i>	leaf	15.4	2.33	9.4	8.0	1.04	<i>Aeschynomene indica</i>	leaf	74.5	3.16	9.1	0.1	4.91
	stem	6.1	1.29	8.6	5.0	0.20		stem	24.4	2.26	12.6	3.0	2.54
	root	4.9	1.30	4.2	4.0	0.35		root	49.5	2.29	6.9	10.5	1.39
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	leaf	14.5	2.35	14.3	0.5	0.98	<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i>	leaf	21.5	2.23	15.3	5.5	5.68
	root	4.4	1.69	6.3	7.0	0.83		stem	42.0	3.01	25.3	19.0	1.89
<i>Phacelurus latifolius</i>	leaf	22.0	2.28	11.9	0.1	3.47	<i>Limonium tetragonum</i>	root	23.1	3.74	12.9	21.0	1.52
	stem	3.5	2.03	6.4	0.5	1.54		leaf	25.6	2.02	12.8	27.5	3.62
	root	5.3	1.85	5.7	1.5	0.95		root	11.8	2.47	6.5	21.5	3.25
<i>Carex scabrifolia</i>	leaf	14.3	1.52	19.7	1.5	1.14	<i>Aster tripolium</i>	leaf	21.7	2.29	12.5	50.5	3.47
	root	7.5	1.17	11.7	11.0	0.98		stem	6.7	1.40	4.6	27.5	2.62
<i>Juncus haenkei</i>	left	17.7	2.21	24.3	2.0	1.59	<i>Artemisia scoparia</i>	root	8.1	1.55	6.5	26.5	2.61
	root	8.2	0.84	6.8	4.5	1.28		leaf	26.3	2.16	10.4	23.5	3.17
<i>Chenopodium virgatum</i>	leaf	22.4	2.06	14.1	49.5	3.95	<i>Sonchus brachyotus</i>	stem	7.0	1.86	5.6	6.5	1.73
	stem	12.5	1.67	9.3	68.5	3.14		root	7.7	1.57	4.9	13.5	1.65
	root	7.3	1.72	10.4	19.5	1.62		leaf	22.0	2.49	18.1	31.5	16.08
<i>Atriplex subcordata</i>	leaf	44.7	2.94	15.9	81.5	4.51		stem	6.0	1.98	25.0	32.5	6.36
	stem	16.2	3.74	23.8	54.0	5.62		root	4.4	2.40	12.5	16.0	2.69
	root	10.5	1.78	14.6	14.5	7.17							

인(P)의 함량은 전질소의 경우와 달리 지상부, 지하부간 뚜렷한 차이는 없었으며 대체적으로 지상부가 지하부보다 다소 많았다.

칼륨(K)의 경우는 통통마디를 제외한 모두가 지하부보다 지상부의 함량이 많았으며 타 부위보다 줄기에 가장 많은 식물(갯는쟁이, 자귀풀, 벌노랑이 및 사데풀)과 적은 것

(청명아주 및 갯개미취)이 있어 상부로 갈수록 증가하거나 감소하는 경향은 없었다.

나트륨(Na)은 줄기에 가장 많거나(산조풀, 청명아주 및 갯개미취) 적은 경우(비쭉)는 일부이며 상부로 갈수록 증가하거나 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 또한 조사된 19종은 대략 4형태로 구분되었다. 즉, 절대량이 상대적으로 많은 종(지채, 청명아주, 갯는쟁이, 통통마디, 칠면초, 나문재 및 갯개미취)과 적은 종(갈대, 띠, 모새달, 천일사초, 골풀 및 자귀풀), 지상부가 지하부보다 많은 종과 지하부가 지상부보다 많은 종으로 뚜렷이 구분되며 이들간의 차는 현저하였다. 이것을 요약하면 다음과 같다.

Na의 축적형

지상부의 양 > 지하부의 양 : 지채, 청명아주, 갯는쟁이, 통통마디, 칠면초, 나문재, 갯질경, 갯개미취, 비쭉, 사데풀

지상부의 양 < 지하부의 양 : 벌노랑이

Na의 비축적형

지상부의 양 > 지하부의 양 : 갯잔디, 산조풀

지상부의 양 < 지하부의 양 : 갈대, 띠, 모새달, 천일사초, 골풀, 자귀풀

칼슘(Ca)은 갯는쟁이를 제외한 나머지 대부분 식물은 상부로 갈수록 증가하였고 지상, 지하부간의 차이는 칠면초 및 사데풀이외엔 적었으며 절대량도 K나 Na에 비하여 훨씬 적었다.

염생식물에서 염의 축적에 대한 연구업적은 많이 축적되었으며 이들의 보고에 의하면 염생식물에게 Na는 필수원소이며 다량의 염을 축적할 수 있는 능력을 보유하고 있는데 대표적인 예로 명아주과 *Suaeda*속 식물은 건중량의 14.5%까지 NaCl을 함유하며(Chapman, 1964), 이처럼 많이 축적하는 것은 삼투적 적응에 의한 것이 아니고 종에 따른 차이이다(Repp, 1939). 염생식물의 또 다른 특성중의 하나는 염의 흡수에 있어 Na가 K보다 많고 빠른 것이며(Waisel, 1972; Greenway *et al.*, 1966) 식물체내 저장하는 양이나 부위가 다르며 대체로 *Salicornia*, *Suaeda* 및 *Atriplex* 속은 잎에 저장하고 이로 말미암아 잎이 더욱 짙은 형태로 된다(Albert, 1976; Flowers *et al.*, 1977). 이러한 사실들은 본 조사의 결과와 일치하였다.

5종의 무기영양소를 지상부와 지하부로 구분하여 부위별 축적량, K와 Na의 비, Na의 지상부와 지하부의 비 등 13요인을 PCA 및 DCA법으로 분석하였다.

PCA ordination에서 무기영양소의 양 및 이들 상호관계의 결과는 Fig. 1과 같이 1축은 지상부와 지하부에서의 K/Na 비에 의하여, 2축은 지상부 및 지하부에 축적된 Na 함량과 이것의 지상부/지하부 비에 의하여, 3축은 전질소함량에 의하여 결정되어 식물체내 존재하는 무기영양소의 상호관계를 특징지워주는 인자는 K와 Na로 나타났다. 이러한 결과는 염생식물에 있어 이온흡수의 기본적 상호관계는 Na와 K라고 한 보고내용(Chapman, 1966)과 일치하는 것이다. 이러한 속성들에 의하여 결정된 1, 2 및 3 축상 각종간의 관계는 Fig. 2와 같다.

대략 1축(31.5%의 eigen value)과 2축(18.9%의 eigen value)상에서 크게 5개 군으로 구분되는데 I군은 갯개미취만 제외하면 명아주과의 전형적인 염생식물로서 다량의 Na를 함유한 종들의 군이며 II군 역시 갯는쟁이만 제외하면 명아주과 식물이 아닌 염생식물군이다. 따라서 I, II 군은 Na의 축적형 염생식물로만 구성되어 있다는 공통점이 있다.

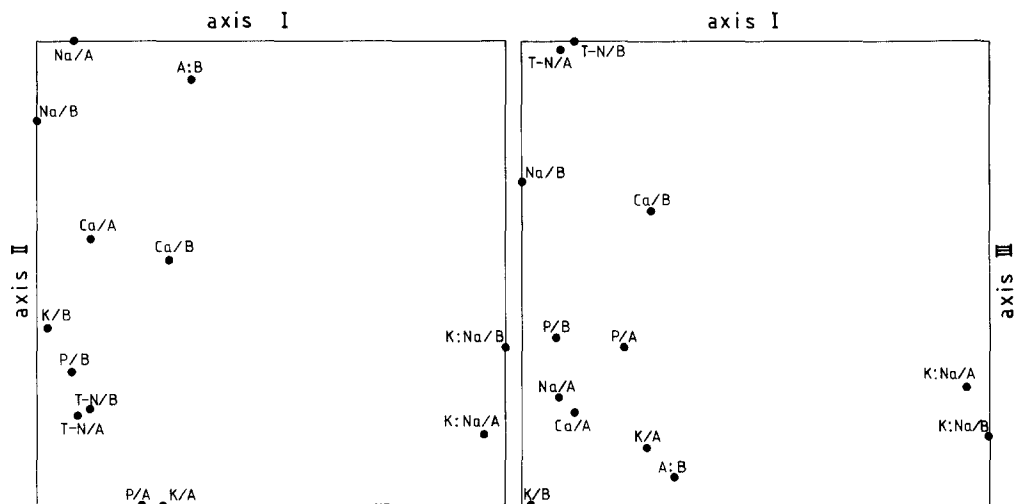


Fig. 1. PCA ordination for the 13 factors based on mineral characters in the reclaimed land.

A: above-ground part B: below-ground part

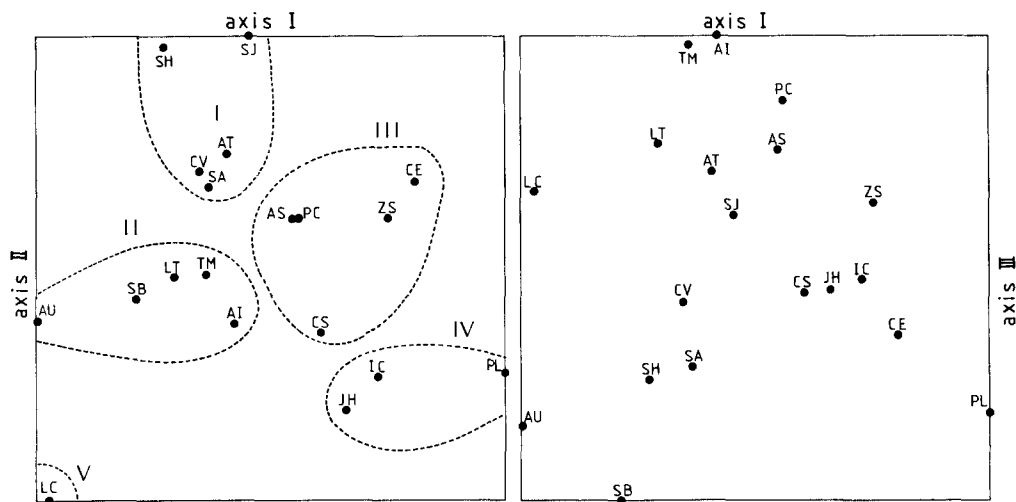


Fig. 2. PCA ordination for the 13 factors based on mineral characters in the reclaimed land.

TM : *Triglochin maritimum*

IC : *Imperata cylindrica* var. *koenigii*

PL : *Phacelurus latifolius*

JH : *Juncus haenkei*

AU : *Atriplex subcordata*

SJ : *Suaeda japonica*

AI : *Aeschynomene indica*

LT : *Limonium tetragonum*

AT : *Aster tripolium*

SB : *Sonchus brachyotus*

PC : *Phragmites communis*

CE : *Calamagrostis epigeios*

ZS : *Zoysia sinica*

CS : *Carex scabrifolia*

CV : *Chenopodium virgatum*

SH : *Salicornia herbacea*

SA : *Suaeda asparagoides*

LC : *Lotus corniculatus* var. *japonicus*

AS : *Artemisia scoparia*

III군은 비축만 제외하면 간척지, 간사지 및 저위간척지(정과 김, 1989; 김과 임, 1988; Kim *et al.*, 1989)에서 쉽게 발견되는 단자엽식물군이다. 그러나 IV군은 단자엽식물군인 점에서는 III군과 유사하나 내륙에 주로 분포하는 중성식물군인 측면에서 차이가 있으며 V군은 벌노랑이만으로 이루어진 군이다. 이러한 결과로 판단할 때 각 종간의 생화학적 유사성은 과 혹은 자엽의 분류군과 매우 관계가 깊은 것으로 사료되었다.

DCA ordination 결과는 Fig. 3 및 4에 나타낸 바와 같다.

1축(75.0%)은 지상부 및 지하부의 K/Na 비에 의하여, 2축(20.0%)은 Na 함량의 지상부/지하부 비 및 지하부의 Na 함량에 의하여 결정된 것은 PCA의 결과와 유사하나 지상부의 Na 함량이 1축의 주요인으로 작용한 것은 상이하였다. PCA 분석에서는 1,2축의 eigen value가 50% 정도이나 DCA 결과는 1,2축이 전변량의 95%를 나타내므로 실험성

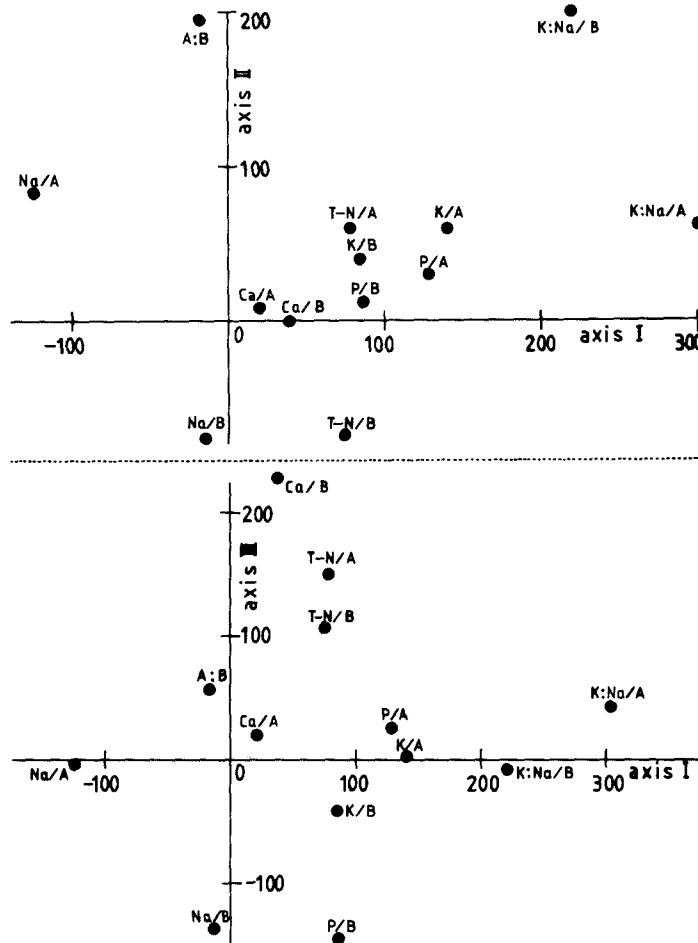


Fig. 3. DCA ordination for the 13 factors based on mineral characters in the reclaimed land.
 A: above-ground parts B: below-ground parts

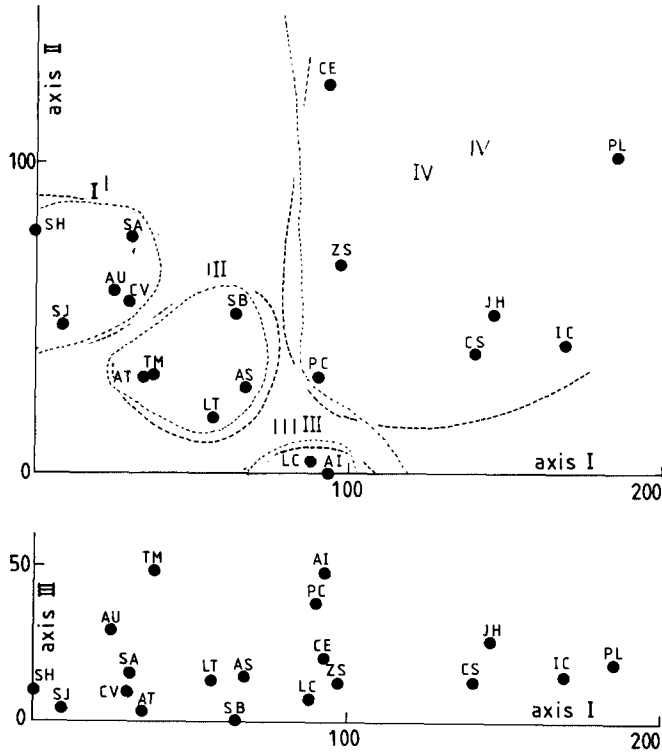


Fig. 4. DCA ordination for the 19 species based on mineral contents in the reclaimed land. See Fig.2 for the abbreviation.

은 후자가 높다. DCA의 결과 1,2축 상에서 뚜렷한 군을 형성하지는 않지만 과에 따라 유사성이 높은 것은 PCA결과보다 현저하였다. 즉 I군은 명아주과 식물군으로 PCA의 I군이고, II군은 비명아주의 염생식물(PCA의 II군), III군은 콩과식물군, IV군은 단자엽식물들로만 이루어진 군이었다. 특히 1축상의 종들의 순서는 Table 1에 나타난 토양내 전기전도도나 Na 함량의 순서와 일치하였다. 이러한 사실에서, 식물체내 축적된 Na 양은 이들 생육지의 Na 양과 밀접한 관계를 맺고 있으며 염생식물이 고염도에 적응할 수 있는 능력중의 대표적인 것은 축적능임을 암시하여 주고 이 요인이 한국 서해안 간척지에서 식물의 국부적인 미분포 인자중의 하나라고 사료되었다.

摘 要

한국 서해안 간척지에서 염생식물과 중성식물의 국부적인 분포의 원인을 파악하기 위하여 식물 19종에 대하여 전질소(T-N), 인(P), 칼륨(K), 나트륨(Na), 및 칼슘(Ca)의 축적량을 조사하였다.

식물종별로 가장 현저한 차이를 나타내는 무기영양소는 나트륨이었으며 이에따라 19종을 4개군으로 요약하면 다음과 같다.

Na의 축적형

지상부의 양 > 지하부의 양 : 지채, 청명아주, 갯논쟁이, 통통마디, 칠면초, 나문재, 갯질경, 갯개미취, 비쭉, 사데풀

지상부의 양 < 지하부의 양 : 별노랑이

Na의 비축적형

지상부의 양 > 지하부의 양 : 갯잔디, 산조풀

지상부의 양 < 지하부의 양 : 갈대, 띠, 모새달, 천일사초, 꿀풀, 자귀풀

무기영양소의 함량 및 지상부/지하부의 비를 근거하여 ordination한 결과 간척지 식물을 구분하는 속성은 K와 Na이었다. 식물체내 축적된 Na양과 이들이 생육하는 토양내의 Na함량과는 정비례하였고 식물체내 Na의 축적량 또는 축적능력은 간척지 식물의 미분포 결정인자중의 하나인 것으로 사료되었다.

引 用 文 獻

- 金俊鎬·閔丙未. 1983. 해변 염생식물 군집에 대한 생태학적 연구(III). 인천 간척지의 토양환경, 종의 다양성 및 염류순환에 대하여. 한식지 26 : 53-71.
- 김철수·임병선. 1988. 한국 서남해안 간사지 식생에 관한 연구. 한생태지 11 : 175-192.
- 정연숙·김준호. 1989. 간척지 갈대의 영양생장과 지상부 모듈의 개체군 동태. 한생태지 12 : 171-182.
- Albert, R. 1976. Salt regulation in halophytes. *Oecologia* 21:57-71.
- Boyd, C.E. 1970. Chemical analyses of some vascular aquatic plants. *Arch. Hydrobiol.* 67:78-85.
- Boyd, C.E. and L.W. Hess. 1970. Factors influencing shoot production and mineral nutrient levels in *Typha latifolia*. *Ecology* 51:296-300.
- Chapman, V.J. 1938. Studies in salt marsh ecology. Sections I-III, *J. Ecol.* 26:144-179.
- Chapman, V.J. 1964. Coastal vegetation. McMillan Co, New York.
- Chapman, V.J. 1966. Vegetation and salinity. *In*, Salinity and New Approaches to Old Problems. The Hague: Junk. pp. 23-42.
- Flowers, T.J. 1975. Halophyte. *In*, Transport in Plant Cells and Tissues, D.A. Baker and J.L. Hall (eds.), pp. 309-334, Amsterdam, North Holland.
- Flowers, T.J., P.F. Troke and A.R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28:89-121.
- Garten, C.T. Jr. 1976. Correlations between concentrations of elements in plants. *Nature* 261:686-688.
- Garten, C.T. Jr. 1978. Multivariate perspectives on the ecology of plant mineral element composition. *American Naturalist* 112:533-544.
- Gauch, H.G. 1977. ORDIFLEX-A flexible computer program for four ordination techniques; weighted averages, polar ordination, principal components analysis, and reciprocal averaging, release B. Ecology and systematics, Cornell University, Ithaca, New York.
- Gerloff, G.C., D.G. Moore and J. T. Curtis. 1966. Selective absorption of mineral elements by native plants of Wisconsin. *Plant and Soil* 25:393-405.

- Greenway, H. and C.B. Osmond. 1972. Salt responses of enzymes from species differing in salt tolerance. *Plant Physiol.* 49:256-259.
- Greenway, H., A. Gunn and D.A. Thomas. 1966. Plant response to saline substrates. VIII. Regulation of ion concentration in salt sensitive and halophytic species. *Aust. J. Biol. Sci.* 19:20-30.
- Henkel, P.A. 1954. Salt resistance of plants on the ways of directing its rise. USSR Academy of Science Moscow.
- Hill, M.O. 1976. DECORANA-A Fortran program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and systematics, Cornell University, Ithaca, New York.
- Jacoby, B. 1965. Sodium retention in excised bean stems. *Physiol. Plant.* 18:730-739.
- Kim, J.-H., H.-T. Mun, B.Y. Min and K.-J. Cho. 1989. Nitrogen and phosphorus dynamics in salt marsh in the Nakdong River estuary. *Korean J. Ecol.* 12:1-8.
- Repp, G. 1939. Okologische Untersuchungen im Halophyten gebiet am Neusidler See. *Jahrb. Wiss. Bot.* 88:554-632.
- Steiner, M. 1939. Die Zusammensetzung des Zellsaftes bei hoheren Pflanzen in ihrer okologischen Bedeutung. *Ergeb. Biol.* 17:151-254.
- Tyler, G. 1976. Soil factors controlling metal ion absorption in the wood anemone *Anemone nemorosa*. *Oikos* 27:71:80.
- van Eijk, M. 1939. Analyse der Wirkung des NaCl auf Die Entwicklung Sukkulenze und Transpiration bei *Salicornia herbacea*, sowie Untersuchungen uber den Einfluss der Salzaufnahme, auf die Wurzelatmung bei *Aster tripolium*. *Rec. Trav. Bot. Neerl.* 36:559-657.
- Waisel, Y. 1972. Biology of halophyte. Academic Press, New York. 395 pp.
- Woodwell, G.M., R.H. Whittaker and R.A. Houghton. 1975. Nutrient concentrations in plants in the Brookhaven oak-pine forest. *Ecology* 56:318-332.

(1989年 12月 30日 接受)